



REC'D 14 AUG 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 05 656.4

Anmeldetag: 12. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer
Brennkraftmaschine

Priorität: 02.07.2002 DE 102 29 719.3

IPC: F 02 D, G 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

10.02.03 Bg/..

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine ist aus der DE 195 36 110 bekannt. Dort werden ausgehend von dem Signal eines Körperschallsensors Größen ermittelt, die zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet werden.

Erfindungsgemäß werden ausgehend von dem Signal eines Körperschallsensors Kenngrößen ermittelt. Diese werden zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet. Die Auswertung des Körperschallsignals beinhaltet wenigstens eine Filterung, die wenigstens zwei Winkelbereiche auswählt. Ausgehend von dem entsprechend aufbereiteten Signal ergeben sich die Kenngrößen. Dadurch, dass mehrere Winkelbereiche ausgewertet werden, ist eine sichere Ermittlung der auszuwertenden Ereignisse möglich.

Vorteilhaft ist es, dass wenigstens zwei Kenngrößen ermittelt werden. Vorzugsweise wird für jeden Winkelbereich in dem eine Auswertung erfolgt eine Kenngröße ermittelt.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden durch Division der Kenngrößen untereinander neue Kenngrößen ermittelt. Dabei werden beispielhaft zwei Kenngrößen K1 und K2 durch Filterung in jeweils wenigstens einem Winkelbereich ermittelt und der

Quotient gebildet. Durch Division der beiden Kenngrößen, die die Intensität der Schallemission bei den beiden Teilbereichen charakterisieren, wird dann die eigentliche Kenngröße durch Verhältnisbildung ermittelt, die unabhängig von absoluten Signalwerten und somit von Sensortoleranzen und -drifts ist .

5

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die Kenngrößen mit Sollwerten verglichen. Abhängig von diesem Vergleich sind Stellgrößen vorgebar, die die Einspritzung und/oder die Stellung der Einlassventile und/oder der Auslassventile beeinflussen. Die ermittelten Kenngrößen charakterisieren bestimmte Ereignisse und oder Zeitpunkte. Vorzugsweise charakterisiert die Kenngröße die in dem entsprechenden Messfenstern ermittelten Geräusche. Bei einer Voreinspritzung liegt zwischen der Geräuschemission und der eingespritzten Kraftstoffmenge ein einfacher Zusammenhang vor.

10



15

Vorteilhaft ist es, wenn als Kenngröße ein Korrelationskoeffizient mittels einer Kreuzkorrelation ermittelt wird, der die Abweichung des gemessenen Signals von einem Referenzsignal charakterisiert.

20

Bevorzugt entspricht das Referenzsignal dem Körperschallsignal bei bevorzugten Zuständen. Beispielsweise entspricht das Referenzsignal dem Körperschallsignal bei einer gewünschten Voreinspritzung.

Zeichnung

2

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen (Ausführungsbeispielen) erläutert.

Es zeigen Figur 1 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorgehensweise und die Figuren 2 bis 4 verschiedenen Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Auswertung des Körperschallsignals.

30

In Figur 1 ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Messung und Auswertung des Körperschallsignals als Blockdiagramm dargestellt. Mit 0 ist ein Körperschallsensor, mit 1 ein Anti-Aliasing Filter, mit 2 ist eine Fensterung, mit 3a, 3b, 3c sind drei parallele FIR-Filter, mit 4a, 4b und 4c sind drei parallele Betragsbildungen und mit 5a, 5b, und 5c sind drei Integratoren bezeichnet. Bei den FIR-Filtern, den Betragsbildungen und den

35

Integratoren sind jeweils mehrere Zweige dargestellt. Im Ausführungsbeispiel sind 3 parallele Zweige dargestellt. Bei anderen Ausführungsformen können auch andere Anzahlen von parallelen Zweigen vorgesehen sein.

5 Die parallelen FIR-Filter sind frei parametrierbar. Es können gleichzeitig verschiedene Frequenzbereiche betrachtet werden. Dies ist vorteilhaft, da durch Nebengeräusche im Fahrzeug, die beispielsweise durch das Zuschaltung einer Pumpe, durch Ventilgeräusche eines anderen Zylinders verursacht werden, in bestimmten Frequenzbereichen Störsignale das eigentliche Nutzsignal überlagern. Durch die Filterung werden ein
10 und/oder mehrere Frequenzbereiche ausgewählt, in denen das Nutzsignal möglichst ohne Störungen gemessen werden kann. Die Kombination von mehreren ausgewählten Frequenzbereichen ermöglicht eine zuverlässigere Erkennung des Nutzsignals.

15 Die Ausgangssignale der einzelnen Zweige gelangen zu einer Steuerung 6. Dabei wird für jeden betrachteten Winkelbereich und jeden betrachteten Frequenzbereich ein Ausgangssignal weitergeleitet. In der dargestellten Ausführungsform ist ein Signal einer ersten Teileinspritzung das mit einem ersten Filterverfahren gefiltert ist, mit In1F1 bezeichnet. Ein Signal einer ersten Teileinspritzung, das mit einem zweiten Filterverfahren gefiltert ist, ist mit In1F2 bezeichnet und ein Signal einer zweiten
20 Teileinspritzung das mit ersten Filterverfahren gefiltert ist, ist mit In2 bezeichnet. Es werden Signale, die wenigstens einem Winkelbereich zugeordnet sind mit wenigstens einem Filterverfahren gefiltert. Vorzugsweise werden Signale mehrere Winkelbereiche mit mehreren Filterverfahren gefiltert. Ein Winkelbereich ist dabei insbesondere einer Teileinspritzung eines Verbrennungsvorganges zugeordnet.

25 Vorzugsweise werden 3 Filter verwendet, die über den gesamten Auswertebereich, d.h. für alle Einspritzungen, berechnet werden. Durch die Fensterbildung werden Winkelbereiche ausgeschlossen, die keinen Signalanteil enthalten und/oder in denen Störungen auftreten.

30 Die Steuerung 6 kann bei einer Ausgestaltung über eine erste Verbindung 7 direkt mit dem Körperschallsensor 0 und/oder über die Verbindung 8 direkt mit der Fensterung 2 verbunden sein. Mit Outa ist eine Stellgröße zur Ventilsteuerung, mit Outb eine Stellgröße zur Steuerung der Ansteuerbeginne von Vor-, Haupt-, Nacheinspritzungen und
35 mit Outc eine Stellgröße zur Steuerung der Ansteuerdauer von Vor-, Haupt-,

Nacheinspritzungen bezeichnet. Diese Größen sind lediglich beispielhaft gewählt, so können lediglich einzelne dieser Größen oder alle dieser Größen ausgegeben werden.

5 Wie in Figur 1 dargestellt, wird das Körperschallsignal in einem oder mehreren Messfenstern gemessen. Vorzugsweise sind zwei bis drei Messfenster pro Einspritzung vorgesehen. Ein Messfenster ist dabei durch die Fensterlage und die Fensterlänge definiert. Die Fensterlage entspricht der Winkelstellung der Nockenwelle und/oder der Kurbelwelle, bei der die erfasste Größe voraussichtlich auftritt. Die Fensterlänge entspricht dem Winkelbereich um den die erfasste Größe sich ändern kann. Die
10 Fensterlage und Fensterlänge, ist dabei variabel einstellbar um verschiedene Größen erfassen zu können. Die Fensterung wählt den auszuwertenden Winkelbereich aus innerhalb dem das Körperschallsignal ausgewertet wird. Abhängig davon, welche Größe als Ausgangsgröße gewonnen werden soll werden unterschiedliche Messfenster vorgegeben. Vorzugsweise ist jedem Fenster eine Teileinspritzung zugeordnet. Den
15 einzelnen Teileinspritzungen ist wenigstens ein Messfenster zugeordnet.

Es folgen vorzugsweise drei parallele Pfade mit jeweils einem sogenannten FIR-Filter 3a, 3b und 3c, jeweils einer Betragsbildung 4a, 4b und 4c und einem Integrator 5a, 5b und 5c. Die so ausgewerteten Körperschallsignale gelangen in die Steuerung 6. Zusätzlich
20 werden das unverarbeitete Körperschallsignal I_{nb} über die Verbindung 7 und/oder das Ausgangssignal der Fensterung 2 I_{nb} über die Verbindungen 8 an die Steuerung 6 übergeben. Die Abkürzung FIR steht für Finite Impulse Response. Das Zeitsignal wird in den Frequenzbereich transformiert und definierte Frequenzanteile werden ausgewählt. Vorteile gegenüber herkömmlichen Filtern sind, dass ein linearer Phasenverlauf realisierbar ist und dass größere Freiheitsgrade beim Filter-Design möglich sind. Bei verbesserten Ausführungsformen können auch mehr Pfade vorgesehen sein.

Alternativ zu dem FIR-Filter können auch andere Filter mit anderem Übertragungsverhalten vorgesehen sein. Vorzugsweise werden Bandpässe, Tiefpässe,
30 Hochpässe, Bandsperren und/oder nichtlineare Filter verwendet. Bevorzugt werden Filter verwendet, die bestimmte Frequenzbereiche selektieren.

Alternativ zu der Betragsbildung kann auch eine Quadratbildung oder ähnliche Funktionen verwendet werden. Wesentlich ist, dass eine Größe gebildet wird, die die
35 Signalleistung charakterisiert, die quadratisch von der Signalamplitude abhängt.

Alternativ kann zur Integration über bestimmte Winkelbereiche auch eine beliebige Mittelwertbildung in diesen Winkelbereichen realisiert sein, wenn durch eine Quotientenbildung oder einem ähnlichen mathematischen Verfahren eine relative Betrachtung verschiedener Kennwerte zueinander durchgeführt wird.

Die Steuerung 6 beaufschlagt eine nicht dargestellte Ventilsteuereinheit mit einer ersten Stellgröße Outa. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um eine Größe, die die Öffnungs- und/oder Schließzeiten der Einlassventile und/oder der Auslassventile beeinflusst. Die Steuerung 6 beaufschlagt ferner nicht dargestellte Stellelemente, die die Kraftstoffzumessung beeinflussen mit einem zweiten Signal Outb, das den Ansteuerbeginn von einer oder mehreren Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen beeinflusst. Ferner beaufschlagt die Steuerung 6 dargestellte Stellelemente, die die Kraftstoffzumessung beeinflussen mit einem dritten Signal Outc, das die Ansteuerdauer und damit die Menge von einer oder mehreren Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen bestimmt.

In Figur 2 ist die Signalaufbereitung in der Steuerung 6 am Beispiel einer Eingangsgröße Inb detaillierter dargestellt. Mit 21 ist eine Laufzeitkorrektur, mit 22 eine Störungskompensation, mit 23 eine Mittelung, mit 24 eine Berechnung statistischer Größen und mit 25 eine vom Störpegel abhängige Umschaltung zwischen Steuerung / Regelung bezeichnet.

Vorzugsweise wird ein Körperschallsensor für mehrere Zylinder der Brennkraftmaschine verwendet. Die im Brennraum entstehende Schallwelle benötigt eine Laufzeit, um den Sensor zu erreichen. Deshalb erreichen die Signale aus weiter vom Sensor entfernten Zylindern den Sensor später als von den näher liegenden Zylindern. Diese Laufzeit bzw. die nötige Korrektur ist dabei eine definierte Größe, die vom Einbauort des Sensors abhängt. Sie wird vorher am Prüfstand bzw. Fahrzeug appliziert, um sie in der Signalverarbeitung zu berücksichtigen. Für Block 21 bedeutet das, dass hier eine Zeitverschiebung der Signale mit den zuvor applizierten Größen erfolgt.

Den Nutzsignalen sind Störsignale durch Nebengeräusche überlagert. Z.B. verursacht der Ventilschlag eines anderen Zylinders eine charakteristische Schwingung im

Signalverlauf. Diese Störungen werden zuvor am Versuchsmotor ermittelt. Diese Störsignale werden in Störungskompensation 22 kompensiert.

5 Hierzu werden bestimmte charakteristische Schwingungen in bestimmten Zeitbereichen vom gemessenen Signal subtrahiert. Bei Störsignalen mit charakteristischen Frequenzanteile, werden diese im Frequenzspektrum subtrahiert.

10 In Block 22 werden daher vom Eingangssignal im Zeit- und/oder Frequenzbereich die auftretenden, zuvor am Versuchsmotor ermittelten Störsignale, subtrahiert.

15 Die Mittelung 23 ermittelt einen Mittelwert über mehrere Größen. Die Berechnung 24 bestimmt verschiedene statistische Größen, wie beispielsweise die Varianz. Die Bewertung 25 veranlasst, ausgehend von der Höhe des Störpegels des Signals, eine Umschaltung zwischen Kennfeld gesteuertem und geregelter Betrieb. Überschreitet der Störpegel einen Schwellenwert nicht, so erfolgt eine Regelung der entsprechenden Ausgangsgröße. Die Ausgangsgröße wird abhängig von dem Vergleich eines Messwerts oder einer aus einem oder mehreren Messwerten berechneten Größe mit einem Sollwert bestimmt.

20 In Figur 3 ist die Auswertung der über die Verbindung 7 und/oder 8 übermittelten Körperschallsignale in der Steuerung 6 dargestellt. Mit Inc ist ein Referenzsignal und mit Inb ist das Körperschallsignal bezeichnet, das über die Verbindung 7 und/oder über die Verbindung 8 übermittelt wird. Mit 31 ist ein Integrator und mit 32 ist ein Auswerteverfahren bezeichnet.

25 Dem Integrator 31 wird das Körperschallsignal zugeleitet. Dem Auswerteverfahren 32 wird das Körperschallsignal und das Referenzsignal zugeleitet. Ferner ist eine Schwellenwert-Bildung mit 33 und eine Gewichtung und/oder Kombination der Merkmale mit 34 bezeichnet. Der Schwellenwertbildung 33 wird das Ausgangssignal des Integrators 31 und das Körperschallsignal zugeleitet. Der Gewichtung und/oder Kombination der Merkmale 34 werden das Ausgangssignal der Schwellenwertbildung 33 und das des Auswerteverfahrens 32 zugeleitet. Die Gewichtung und/oder Kombination der Merkmale ist vorzugsweise als Kalman-Filterung ausgebildet.

30

Das Ausgangssignal des Auswerteverfahrens 32 ist als Kenngröße K_a bezeichnet. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um die Zeitpunkte, bei denen bestimmte Signale auftreten und/oder um Angaben über die Ähnlichkeit der Eingangssignale, die auch als Korrelationskoeffizient bezeichnet werden. Das Ausgangssignal der
5 Schwellenwertbildung 33 wird auch als Kenngröße K_b bezeichnet. Diese charakterisieren die Zeitpunkte bei denen bestimmte Signale auftreten. Die Ausgangsgrößen der Gewichtung 34 entsprechen den Ausgangsgrößen der Steuerung 6.

10 Die Auswertung der aufbereiteten Körperschallsignale, die über Verbindung 7 oder 8 zur Steuerung 6 gelangen, erfolgt über den Block 32 und/oder den Block 33. Sowohl im Block 32 als auch in der Schwellenwertbildung 33 werden Referenzsignale verwendet. Als Referenzsignale werden Körperschallsignale verwendet, die unter definierten Betriebsbedingungen gemessen wurden. So können beispielsweise Körperschallsignale, die im Schubbetrieb auftreten und/oder Körperschallsignale, die mit nur einer Vor- oder
15 Haupt- oder Nacheinspritzung auftreten, als Referenzsignal verwendet werden. Vorzugsweise werden die Referenzsignale in den entsprechenden Betriebszuständen erfasst und in geeigneten Speichermitteln abgelegt.

20 Als Auswerteverfahren werden vorzugsweise ein KKF und/oder eine Waveletanalyse und/oder eine FIR-Filterung eingesetzt.

Eine Möglichkeit zur Auswertung der Signale ist die Spektralanalyse. Das Ziel ist hier, die Signalleistung im Frequenzbereich zu beschreiben. Folgende Werkzeuge sind dabei einzeln oder in Kombination vorgesehen:

2 Bei der KKF, die auch als Kreuzkorrelations-Funktion bezeichnet wird, erfolgt eine Faltung der Signale im Zeitbereich. Mit diesem Verfahren, wird ein gemessenes Signal bewertet. Mit der KKF wird die Ähnlichkeit des Signals mit Referenzsignalen bewertet. Der Korrelationskoeffizient beschreibt dabei die Übereinstimmung. Der Wert 1 bezeichnet einen identischen Verlauf des Signals und des Referenzsignals. Als weiteres
30 Ergebnis der KKF kann der Zeitpunkt des Auftretens eines bestimmten Ereignisses im Signal erkannt werden.

Durch die Berechnung der Kreuzkorrelations-Funktion zwischen den Referenzsignalen und den gemessenen Signalen, werden die absoluten Zeitpunkte und/oder die
35 Winkellagen der auftretenden Signalschwingungen ermittelt.

Die FIR dient zur Rauschminderung und zur Auswahl relevanter Frequenzbereiche. Damit kann die Leistung bestimmter Frequenzanteile berechnet werden. Durch die Fensterung der Signale kann ebenfalls bestimmt werden, in welchem Messfenster und damit wann ein Ereignis im Messsignal auftritt.

Die Wavelet-Analyse, bei der eine Faltung des Signals mit einem Referenzsignal erfolgt, entspricht einer einfachen FIR-Filterung. Vorteilhaft ist deren einfache Umsetzung in Soft- und Hardware.

Die Auswertung in Block32 beinhaltet wenigstens 2 Möglichkeiten, mit denen die Kenngrößen berechnet und die Regelung realisiert werden können. Um die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit zu erhöhen, werden bei vorteilhaften Ausgestaltungen die berechneten Merkmale durch mathematische Verfahren kombiniert und gewichtet, insbesondere durch die Verwendung einer sogenannten Kalman-Filterung.

Diese Auswertung der auftretenden Signalschwingungen und die daraus berechneten Kenngrößen ermöglichen folgende Vorgehensweise. Verschiedene Ereignisse lösen charakteristische Schallwellen aus, die Schwingungen im Körperschallsignal verursachen. Mit den beschriebenen Vorgehensweisen wird erkannt, wann diese Schwingung auftritt und/oder mit welchem der Referenzsignale es eine große Ähnlichkeit gibt. Bei ersterem wird die Zeitliche Lage und/oder die Winkellage ermittelt bei der zweiten Methode wird ein Korrelationskoeffizient ermittelt.

Der Block 33 beinhaltet die Auswertung der gemessenen Körperschallsignale und/oder der Integralwerte. Dabei wird ein Beginn-Zeitpunkt im Signal durch die Überschreitung eines definierten, betriebspunktabhängigen Schwellenwertes erkannt. Ausgehend von den mit diesem Verfahren berechneten Kenngrößen werden die Zeitpunkte, bei dem ein Einlassventil und/oder ein Auslassventil schließt und/oder öffnet, der obere Totpunkt auftritt, die einzelnen Teileinspritzung beginnen oder enden und/oder die Verbrennung beginnt oder endet, erkannt. Vorzugsweise wird ein entsprechender Zeitpunkt erkannt, wenn das entsprechend gefilterte Signal bestimmte Schwellenwerte übersteigt. Dabei ist vorgesehen, dass die Filterung des Körperschallsignals und der Referenzwerte für die unterschiedlichen Größen unterschiedlich gewählt werden.

5 Neben Druckänderungen durch die Verbrennung, beeinflussen Schallwellen durch Motoranbauteile und/oder Nebenaggregate das Körperschallsignal. Das Betätigen der Einlassventile und/oder der Auslassventile verursacht mechanische Schwingungen, die vom Körperschallsensor als charakteristische Schwingung im Signalverlauf erkannt werden. Erfindungsgemäß werden die Winkelbereiche der Körperschallsignale, in denen diese Schwingungen vorzugsweise auftreten mittels der Fensterung 2 und/oder die FIR-Filerung ausgefiltert. Durch die Auswertung des entsprechend gefilterten Signals werden die Winkelstellungen ermittelt, bei denen die Ein- und/oder Auslassventile öffnen und/oder schließen. Erfindungsgemäß werden die so ermittelten Größen als Istwert einer
10 Regelung zugeführt, die ausgehend von einem Vergleich dieser Istgrößen mit einem Sollwert, eine entsprechende Stellgröße, die zur Beaufschlagung eines Stellelements, das die Ein- und/oder Auslassventile betätigt, bestimmt. Dabei kann unmittelbar die Zeitlage und/oder die Winkellage ermittelt werden. Ferner wird durch die Zuordnung des gemessenen Signals mit den Referenzsignalen, die auftretenden Schwingung einem
15 bestimmten Ereignis oder einen gewissen Betriebszustand zugeordnet. So wird erkannt, dass eine gemessene Schwingung mit dem Schließen oder mit dem Öffnen des Ventils korreliert.

20 Im Bereich des oberen Totpunktes tritt im Signalverlauf eine charakteristische Schwingung zu festen Winkellagen auf. Diese wird erkannt durch die Auswertung 32 erkannt und beispielsweise zur OT-Erkennung und Kalibrierung verwendet.

Die einsetzende Verbrennung verursacht eine Schwingung im Körperschallsignal. Die Erkennung des Beginns der Verbrennung und damit des Zündverzuges ermöglicht eine
25 Regelung der Beginn-Zeitpunkte der Einspritzung.

Weiterhin kann durch die Detektion des Brennbeginns der Haupteinspritzung auf die Voreinspritzmenge geschlossen werden, da die Voreinspritzmenge maßgeblich den Zündverzug der Hauptverbrennung beeinflusst. Erfindungsgemäß werden die so
30 ermittelten Größen als Istwert einer Regelung zugeführt, die ausgehend von einem Vergleich dieser Istgrößen mit einem Sollwert eine entsprechende Stellgröße, die zur Beaufschlagung eines Stellelements, das den Beginn und/oder Ansteuerdauer von Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen steuern.

Die Auswertung der Körperschallsignale mittels der Blöcke 1, 2, 3, 4 und 5 liefert eine Anzahl von Kenngrößen, die durch die Anzahl der Messfenster mal der Anzahl der Einspritzungen pro Einspritzzyklus bestimmt wird. Die Verarbeitung dieser Kenngrößen ist in Figur 4 dargestellt.

Die in Figur 4 dargestellte Auswertung der Körperschallsignale erfolgt in der Steuerung 6. Dabei entsprechen die Größen In_1 bis In_x den Ausgangssignalen der Blöcke 5a, 5b und 5c. Mit Inc sind die oder das Referenzsignal bezeichnet. Die Anzahl x der Eingangsgrößen In_1 bis In_x entspricht vorzugsweise der Anzahl der Teileinspritzungen mal der Anzahl der Messfenster pro Teileinspritzung.

So ist vorgesehen sein, dass eine Mittelwertbildung über mehrere Kenngrößen bei der selben Einspritzung, eine Mittelwertbildung über die Einspritzung in mehrere Zylinder und/oder eine Mittelwertbildung über mehrere Teileinspritzungen erfolgt. Neben der Mittelwertbildung können noch weitere statistische Größen, wie beispielsweise die Varianz, ermittelt werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass ein Vergleich und/oder eine Bewertung der Kenngrößen verschiedenen Fenster innerhalb eines Zyklus untereinander erfolgt.

Auch ist ein Vergleich und/oder eine Bewertung der Kenngrößen der verschiedenen Fenster von Zyklus zu Zyklus vorteilhaft.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Vergleich und/oder eine Bewertung der Kenngrößen der verschiedenen Fenster mit Referenzsignalen Inc erfolgt, die unter definierten Bedingungen gemessen wurden.

Die Voreinspritzung beeinflusst drastisch die Geräusch- und Abgasemissionen durch die starken Einflüsse auf den Verbrennungsablauf. Dieses wirkt sich auf den Zündverzug sowie auf den Gradienten des Zylinderdruckverlaufes aus. Das Körperschallsignal ist ein direktes Maß für die im Zylinderdruck auftretenden Änderungen. Die aus dem Körperschallsignal berechneten Kenngrößen für die Vor- und/oder die Hauptverbrennung zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Voreinspritzmenge. Die Einflüsse der Voreinspritzung auf das Körperschallsignal für eine Optimierung der Voreinspritzung verwendet werden. Optimierung bedeutet dabei eine Verringerung bzw. Erhöhung der

Voreinspritzmenge unter Einhaltung definierter Zündverzögerungen und Zylinderdruckgradienten.

Für den Vergleich und die Bewertung wird der Zusammenhang genutzt, dass die Umsatzgeschwindigkeit bzw. die eingespritzte Kraftstoffmenge die Kenngrößen beeinflussen. Größere Kraftstoffmengen bzw. schnellere Umsatzgeschwindigkeiten wirken sich auf die Signalintensität in verschiedenen Frequenzbereichen aus. Durch die Filterung, Betragsbildung und Integration werden diese Einflüsse erkannt. Der Vergleich der Signale untereinander bzw. mit Kenngrößen, die unter Referenzbedingungen ermittelt wurden, liefern den gesuchten Zusammenhang zur eingespritzten Kraftstoffmenge und den Zeitpunkten der einzelnen Einspritzungen und ermöglichen damit deren Regelung.

Die Auswertung nach Pfad 1-2-3-4-5 aus Abb.1 unterteilt sowohl die Haupteinspritzung als auch die Voreinspritzung in verschiedene Messfenster, in denen jeweils die Auswertung erfolgt. Das Ergebnis, insbesondere der über das Messfenster integrierte Signalwert, entspricht einer Kombination von Integratorwerten, die charakteristisch ist für diesen Betriebspunkt. Eine Erhöhung der Voreinspritzmenge führt zu einer stärkeren Vorverbrennung, einer früheren und dafür langsameren Hauptverbrennung. Auf die Integratorwerte der Voreinspritzung hat das die Auswirkung, dass generell höhere Werte auftreten. Bei der Hauptverbrennung nehmen die Integratorwerte der früheren Messfenster zu, da die Hauptverbrennung früher erfolgt. Die Werte der mittleren Messwerte nehmen ab, da die Brenngeschwindigkeit geringer ist. Erfindungsgemäß wird durch den Vergleich des gemessenen Musters mit den unter Referenzbedingungen ermittelten Mustern auf die Zeitpunkte und Einspritzmengen geschlossen.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass wenigstens eine der Kenngrößen I_n ermittelt wird. Diese Kenngröße wird als Istwert einer Regelung zugeführt. Als Sollwert dient die entsprechende Kenngröße I_{nc} , die sich einstellt, wenn eine Voreinspritzung mit optimaler Voreinspritzmenge erfolgt. Weichen die im laufenden Betrieb gemessene Kenngrößen von der Kenngröße mit optimaler Voreinspritzung ab, so beeinflusst der Regler die Voreinspritzmenge über die Stellgröße Out derart, dass sich die Differenz zwischen Sollwert und Istwert verringert.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ist in Figur 5 dargestellt. Wenigstens zwei gefilterte Signale I_{n1} und I_{n2} , die durch entsprechende Filterung und Signalverarbeitung

mittels der Blöcken 1 bis 5 bestimmt werden, gelangen zu einer Quotientenbildung 50. Das Ausgangssignal K_a , das eine Kenngröße darstellt, gelangt zu einer Regelung 52 an deren zweiten Eingang das Referenzsignal Inc anliegt. Dieses Referenzsignal Inc wird von einer Sollwertvorgabe 54 bereitgestellt.

Im folgenden wird die Vorgehensweise der Ausführungsform der Figur 5 am Beispiel einer Voreinspritzung und einer Haupteinspritzung beschrieben. Die Vorgehensweise ist dabei nicht auf diese Kombination eingeschränkt. Sie kann bei beliebigen Kombinationen von Teileinspritzungen, das heißt einer ersten Teileinspritzung und wenigstens einer zweiten Teileinspritzung, eingesetzt werden (s.o.). Anstelle des Ausgangssignal der Blöcke 1 bis 5 kann auch eine hieraus ermittelte Kenngröße K_a verwendet werden. Das heißt es kann auch eine aus mehreren Größen In berechnete Größe verwendet werden.

Durch Filterung wird ein erster Wert In_1 , der die Geräuschemission der Voreinspritzung charakterisiert, und ein zweiter Wert In_2 , der die Geräuschemission der Haupteinspritzung charakterisiert ermittelt. Hieraus ergibt sich durch eine Division die Kenngröße K_a . Diese entspricht dem Verhältnis zwischen der Kenngröße für die Voreinspritzung und der Kenngröße für die Haupteinspritzung. Ausgehend von dieser Kenngröße, die dem Verhältnis zwischen Voreinspritzung und Haupteinspritzung entspricht, erfolgt dann die Vorgabe der Stellgröße Out_c . Das heißt die Dauer der Voreinspritzung wird abhängig von dem Verhältnis der Geräuschemission bei der Voreinspritzung und der Geräuschemission bei der Haupteinspritzung eingestellt. Das heißt dass durch Division zweier Kenngrößen eine dritte Kenngröße ermittelt wird.

Bei dieser besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden durch Division der Kenngrößen untereinander neue Kenngrößen ermittelt. Dabei werden insbesondere zwei Kenngrößen K_1 und K_2 durch Filterung in jeweils wenigstens einem Winkelbereich ermittelt und der Quotient $K_3 = g \cdot K_1 / K_2$ gebildet, wobei g einen zusätzlicher Gewichtungsfaktor darstellt. Durch Division der beiden Kenngrößen, die die Intensität der Schallemission bei den beiden Teilbereichen charakterisieren, wird dann die eigentliche Kenngröße durch Verhältnisbildung ermittelt, die unabhängig von absoluten Signalwerten und somit von Sensortoleranzen und Sensordriften ist.

Bei diesen Winkelbereichen handelt es sich beispielsweise um Bereiche a , die charakteristisch für bestimmte Teileinspritzungen, wie beispielsweise die Voreinspritzung

und die Haupteinspritzung sind, Bereiche b, die charakteristisch sind für bestimmte Teileinspritzungen unter bestimmten Prozessbedingungen, Bereiche c in denen keine Verbrennung stattfindet und/oder Bereiche d in denen charakteristische Störungen wie Ventilklopfen stattfinden.

5

Bevorzugt werden die Quotienten der Kenngrößen zwischen den Bereichen, die charakteristisch sind für die Voreinspritzung, und den Bereichen, die für die Haupteinspritzung charakteristisch sind betrachtet. Alternativ oder ergänzend werden die Quotienten der Kenngrößen zwischen Bereichen mit Einspritzung und Bereichen ohne Einspritzung gebildet. Ferner können die Kenngrößen von Bereichen betrachtet werden, zwischen denen sich das Gewicht der Teilverbrennungen je nach Prozessbedingungen verschiebt.

10

Besonders vorteilhaft ist hierbei, wenn die Stellgröße mittels einer Regelung ermittelt wird. Hierzu wird die Kenngröße K_a mit einem Sollwert Inc verglichen. Abhängig von dem Vergleich wird dann die Stellgröße vorgegeben. Dabei kann ein konstanter Sollwert oder ein vom Betriebszustand abhängiger Sollwert vorgegeben sein.

15

Alternativ zur Regelung kann auch eine adaptive Steuerung vorgesehen sein. In bestimmten Betriebszuständen wird die Kenngröße K_a mit dem Sollwert Inc verglichen. Ausgehend von dem Vergleich wird eine Korrekturgröße ermittelt und abgespeichert. Mit der abgespeicherten Korrekturgröße wird in den übrigen Betriebszuständen die Stellgröße korrigiert.

20

10.02.03 Bg/..

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, bei dem ausgehend von dem Signal eines Körperschallsensors Kenngrößen ermittelt werden, die zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Kenngröße durch eine Auswertung, die eine Filterung beinhaltet, die wenigstens zwei Winkelbereiche auswählt, ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Kenngrößen ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch Division zweier Kenngrößen eine dritte Kenngröße ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kenngrößen mit Sollwerten verglichen und abhängig von diesem Vergleich Stellgrößen vorgebar sind, die die Einspritzung und/oder die Stellung der Einlassventile und/oder der Auslassventile beeinflussen.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kenngröße ein Korrelationskoeffizient mittels einer Kreuzkorrelation ermittelt wird, der die Abweichung des gemessenen Signals von einem Referenzsignal charakterisiert.

30

35

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzsignal dem Körperschallsignal bei bevorzugten Zuständen entspricht.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kenngröße die Winkelstellung der Kurbelwelle und/oder der Nockenwelle dient, bei der bestimmte Ereignisse eintreten.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kenngröße die Intensität des Signals in bestimmten Winkelbereichen charakterisiert.
- 10 9. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, bei dem ausgehend von dem Signal eines Körperschallsensors Kenngrößen ermittelt werden, die zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass eine Filterung, die wenigstens zwei Winkelbereiche auswählt, und mit Mitteln, die ausgehend von
15 den gefilterten Signalen wenigstens eine Kenngröße ermitteln.

10.02.03 Bg/..

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

Zusammenfassung

15

Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, beschrieben. Ausgehend von dem Signal eines Körperschallsensors werden Kenngrößen ermittelt, die zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet werden. Wenigstens eine Kenngröße werden durch eine Auswertung, die eine Filterung beinhaltet, die wenigstens zwei Winkelbereiche auswählt, ermittelt.

20

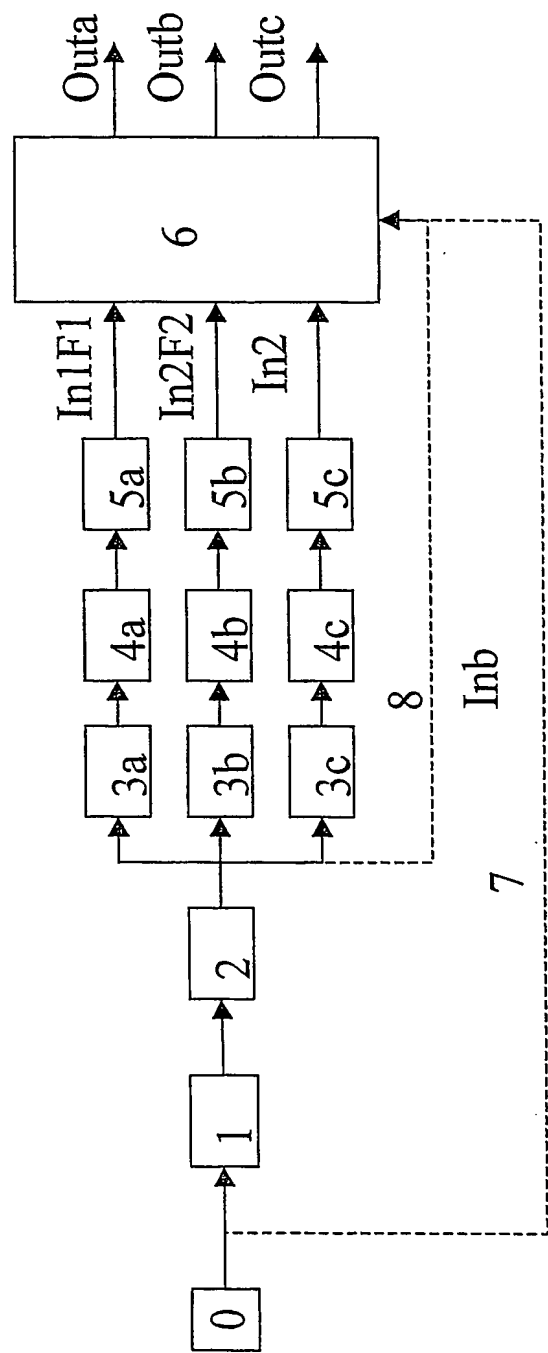


Fig. 1

2/3

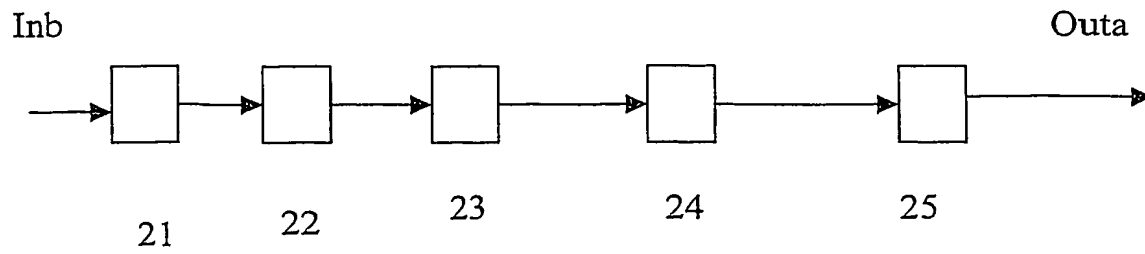


Fig. 2

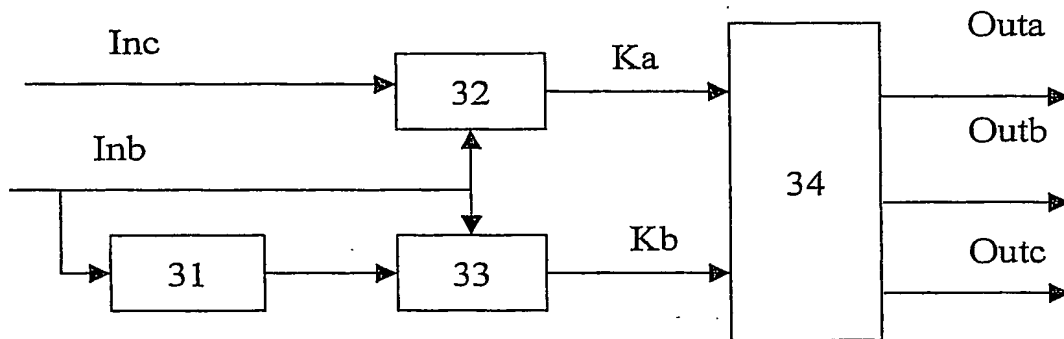
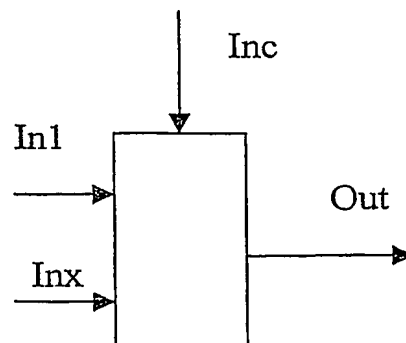


Fig. 3



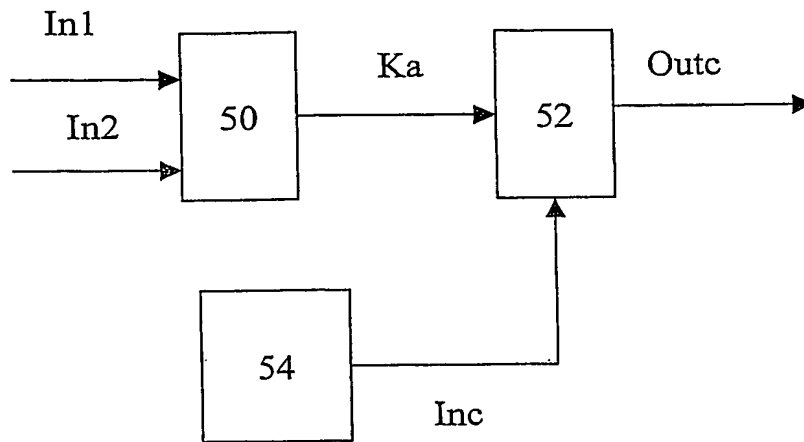


Fig. 5